

Dr Marijan Jošt i

Inž. Milica Glatki-Još

Poljoprivredni institut Zagreb

OOOR — Institut za oplemenjivanje i proizvodnju bilja

**RELATIVNI SADRŽAJ VODE (R. W. C.) VRŠNOG LISTA PŠENICE
U ODNOSU NA BROJ I VELIČINU PUČI — T. AESTIVUM SSP.
VULGARE**

Usprkos vrlo dobre snabdjevenosti tla vlagom, dnevni deficit vode u biljci može se javiti u uvjetima niske relativne vlažnosti zraka, jake sunčeve radijacije i vjetra. Zbog intenzivne transpiracije, u tom će slučaju, količina vode otpuštene iz biljke biti veća od količine vode apsorbirane iz tla (Aston 1970). Kako je produkcija organske tvari u pozitivnoj korelaciji s hidratacijom protoplazme (Kreeb i Abdelall 1970), s gospodarskog gledišta je nepoželjna svaka pojava dnevnog deficita vode u biljci.

Biljka se adaptira na nepovoljne uvjete vanjskog vodenog stresa: kutikularnom regulacijom transpiracije, stomatalnom regulacijom transpiracije i smanjenjem površine listova (uvijanje, preklapanje, odbacivanje lista). Stomatalna regulacija transpiracije je najznačajnija. Regulacija intenziteta transpiracije putem zatvaranja puči je nepovoljna, jer se istovremeno prekida i asimilacija CO₂ (Aston 1970, Slatyer 1970, Levitt 1972). Međutim, postoje genotipovi koji zahvaljujući specifičnoj veličini i frekvenciji puči, mogu i u nepovoljnim okolnostima vlažnosti zadržati otvorene puči uz konstantno nisku transpiraciju. Prema Kolkunowu (1925), takvi genotipovi racionalnije gospodare vodom, a tokom vegetacije otpuste veću količinu vodene pare od genotipova neotpornih na sušu.

Sposobnost biljke da izbjegne dehidraciju možemo mjeriti parametrom »relativni sadržaj vode« — r. w. c. (Levitt 1972). Biljka koja neznatno promjeni r. w. c. u prilikama vodenog stresa imat će veću sposobnost izbjegavanja dehidracije od biljke kod koje će pad r. w. c.-a biti znatniji.

U ovom radu željeli smo utvrditi sortne razlike u sposobnosti pšenice da izbjegne dehidraciju, kao i utjecaj ukupnog broja, frekvencije i veličine puči na stupanj dehidracije vršnog lista.

MATERIJAL I METODE

Na osnovu prethodnih analiza broja i veličine puči na dvadeset i jednom genotipu pšenice (Jošt i sur. 1972.) odabrano je deset genotipova divergentnih za navedena svojstva. Pokus je postavljen na pokusnom polju kraj Zagreba po blok metodi s 5 repeticija. Svaka parcelica sastojala se od dva reda dužine dva metra. Razmak među redovima i među parcelama bio je 20 cm. U redu je sijano 160 klijavih zrna, što odgovara normi sjetve od 400 zrna po m².

Relativni sadržaj vode (r. w. c.) utvrđen je prema metodici za određivanje relativnog turgora, koju su 1957. predložili Weatherley i Slatyer. Promjenu naziva »relativni turgor« u prikladniji »relativni sadržaj vode« predložio je 1963. Walter (Levitt 1972). Relativni sadržaj vode vršnog lista utvrđivan je u vrijeme nalijevanja zrna, u dva navrata. Oba mjerenja vršena su između 10 i 11 sati prije podne. Prvo mjerenje vršeno je nakon kraćeg kišnog perioda. Tlo je bilo obilno snabdjeveno vodom temperatura zraka iznosila je 20°C a relativna vlažnost zraka 86%. Vrijeme je bilo sunčano. Drugo mjerenje, nakon pet dana, vršeno je na temperaturi 28°C i kod relativne vlažnosti zraka 69%. I ovog puta vrijeme je bilo sunčano. Od svakog genotipa i od svake repeticije uzeto je slučajnim izborom po 10 vršnih listova i izvagano na torzionoj vagi (I odvaga). Nakon toga, listovi s presjecima u destiliranoj vodi držani su 24 sata u vlažnoj komoni. Zatim je voda pomoću filter papira uklonjena s presjeka a listovi ponovno vagnuti (II odvaga). Listovi su sada osušeni na 105°C. Nakon hlađenja u eksikatoru ponovno su vagnuti (III odvaga). Relativni sadržaj vode izračunat je po formuli:

$$\text{r. w. c. \%} = \frac{\text{trenutačni sadržaj vode u listu}}{\text{maksimalni sadržaj vode u listu}} \times 100$$

gdje je:

$$\begin{aligned} \text{trenutačni sadržaj vode u listu} &= \text{I odvaga} - \text{III odvaga} \\ \text{maksimalni sadržaj vode u listu} &= \text{II odvaga} - \text{III odvaga} \end{aligned}$$

Broj i veličina puči utvrđivani su pomoću nitroacetatne replike. Replika je uzimana iz srednjeg dijela 10 slučajno odabranih vršnih listova. Pomoću mikroskopa (povećanje 10 x 10) brojeno je 50 vidnih polja na adaksialnoj i 50 vidnih polja na abaksialnoj epidermi svakog genotipa. Frekvencija puči izražena je na mm², a ukupan broj puči na listu dobiven je računski; množenjem površine lista s prosječnom frekvencijom puči na adaksialnoj epidermi, i isto tako s prosječnom frekvencijom puči na abaksialnoj epidermi.

Duljina porusa puči mjerena je pomoću okularnog mikrometra na mikroskopu uz povećanje 45 x 15. Od svakog genotipa mjereno je 50 slučajno odabranih puči na adaksialnoj i isto toliko na abaksialnoj epidermi. Površina vršnog lista utvrđivana je metodom lisnih parametara (Kvet i Marshall 1971).

Svi podaci obrađeni su analizom varijance. Izračunati su linearni, parcijalni i multipli korelacijski koeficijenti za odnose između broja i veličine puči, te razlike u r. w. c.-u utvrđenom u dvije vremenske situacije.

REZULTATI I DISKUSIJA

Kod 10 ispitivanih genotipova pšenice utvrđene su opravdane razlike za svojstva: ukupan broj puči na vršnom listu, frekvenciji puči i dužini porusa puči.

Najveći ukupni broj puči na vršnom listu postoji kod linija granate pšenice *Ramifera aristatum* 86/68 (487 000), a najmanji linija Lot—1 (124 000). Tab. 1.

Tabela 1 Ukupan broj, frekvencija i veličina puči vršnog lista pšenice i razlika (D) u relativnom sadržaju vode (r. w. c.) kod dvije različite vremenske situacije

Total number, frequency and size of stomata of wheat flag leaf and difference (D) of relative water content (r. w. c.) at two different weather situations

Sorta Variety	Ukupan br. puči na vršnom listu Total number of flag leaf stomata (000)	Prosječna frekvencija puči/mm ² Average frequency of stomata per mm ²	Prosječna dužina porusa puči Average size of stomatal pore (μ m)	Razlika (D= r. w. c. ₁ — r. w. c. ₂)* Difference (D=r.w.c. ₁ — r. w. c. ₂)* (%)	
	X ₁	X ₂	X ₃	Y	
Lot—1	124	49,73	37,7	1,05	
Gaines	222	50,86	34,0	1,00	
Primepi	244	49,25	34,5	0,70	
San pastore	267	47,38	38,3	2,00	
Etoile de Choisy	272	56,14	36,0	1,02	
Bezostaja 1	295	53,58	30,6	1,05	
Zlatna dolina	303	60,17	35,3	1,47	
Abbondanza	310	57,87	35,3	3,07	
Weique	408	47,00	41,8	2,10	
Ramifera aristatum 86/68	487	51,02	39,8	4,25	
	LSD 0,05	33	2,0	1,8	0,31
	0,01	42	2,6	2,4	0,41

* r. w. c.₁ = kod temperature zraka 20°C i relativne vlage zraka 86%
at air temperature 20°C and RH 86 %

r. w. c.₂ = kod temperature zraka 28°C i relativne vlage zraka 69%
at air temperature 28°C and RH 69 %

Najveću prosječnu frekvenciju puči po mm² imala je sorta Zlatna dolina (60,17), a najmanju sorta Weique (47,00).

Najduži porusi izmjereni su u sorte Weique (41,8 μ m), a najkraći u sorte Bezostaja 1 (30,6 μ m). Dobivene vrijednosti podudaraju se s rezultatima prethodnih ispitivanja (Jošt i sur. 1972). Što su porusi puči duži (veće stanice), to je frekvencija puči po jedinici površine manja. Linearni korelacijski koeficijent za odnos svojstva »frekvencija puči : dužina porusa puči« kod 10 ispitivanih genotipova iznosio je $r = -0,46$.

Ako se zanemari kutikularna transpiracija, koja je neznatna (prema Levittu 1972. iznosi $1/5 - 1/50$ vrijednosti stomatalne transpiracije), vidimo da su glavna morfološko-anatomska svojstva o kojima ovisi otpuštanje vode iz lista — uključena u ispitivanje.

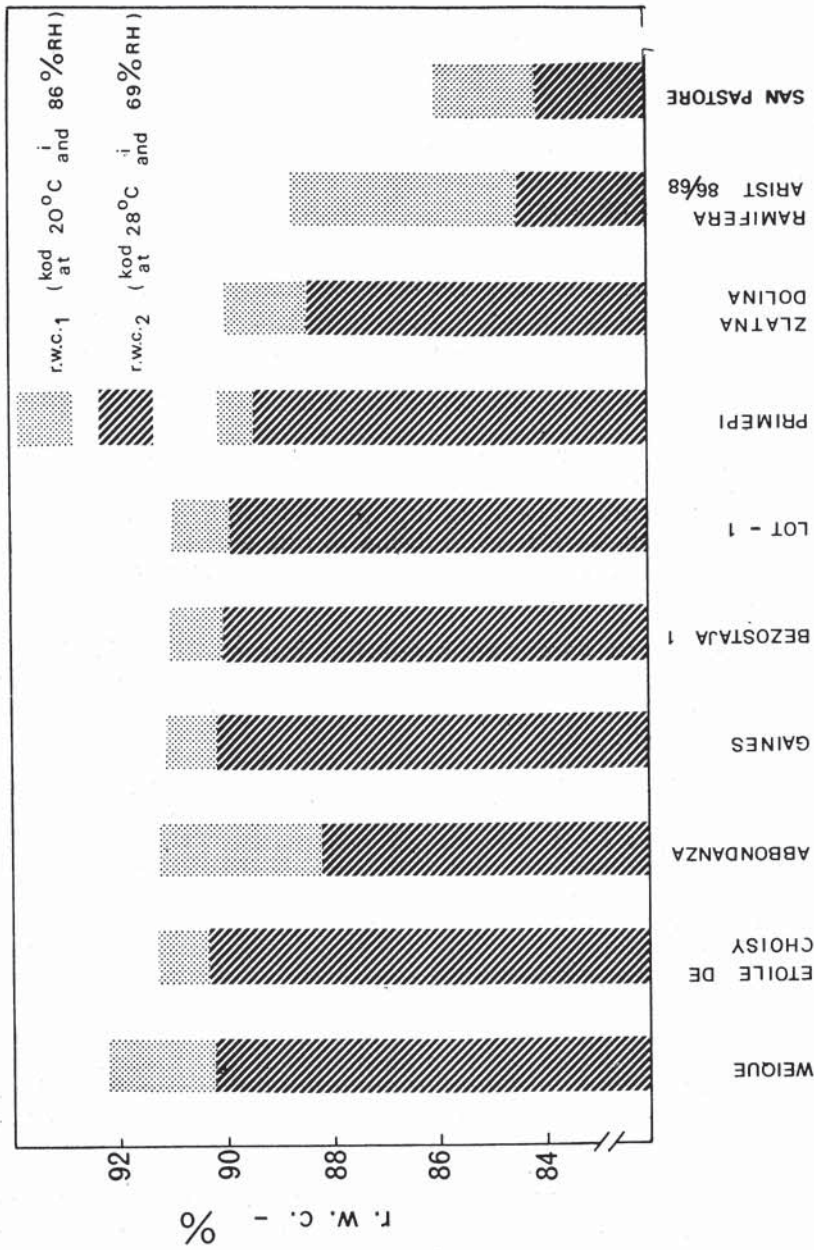
Prosječni relativni sadržaj vode vršnog lista, mjereno kod veće vlažnosti zraka (86%) i niže temperature zraka (20°C), za deset ispitivanih sorata iznosio je 90,27%. Najviša vrijednost za r. w. c.₁ utvrđena je u sorte Weique (92,30%), a najniža u sorte San Pastore (86,02%). Graf. 1. Razlike između dobivenih vrijednosti statistički su visoko opravdane.

Prosječni relativni sadržaj vode vršnog lista (r. w. c.₂) mjereno u situaciji niže vlažnosti (69%) i više temperature (28°C) zraka, za deset ispitivanih genotipova iznosila je 88,49%. Najviša vrijednost za r. w. c.₂ utvrđena je u sorte Etoile de Choisy (90,30%), a najniža ponovo u sorte San Pastore (84,02%).

Razlika između prosječnih vrijednosti r. w. c.-a mjerenih u dvije vremenske situacije iznosila je 1,78%. Najmanju razliku ispoljila je sorta Primépi (0,70%), a najveću — linija granate pšenice Ramifera aristatum 86/68 (4,25%). Iz tabele 1 vidljivo je da su sorte s velikim ukupnim brojem puči na listu i relativno velikim porusima puči (Abbondanza, Weique i Ramifera aristatum 86/68) ispoljile najveću razliku u relativnom sadržaju vode. Na osnovu toga može se pretpostaviti da te sorte posjeduju manju sposobnost da izbjegnu dehidraciju, jer im r. w. c. lista znatno opada već u uvjetima umjereno smanjene vlažnosti i povišene temperature zraka. Uočljivo je da sorte San pastore u obje vremenske situacije ima najniže vrijednosti za r. w. c., te da joj je razlika ($D = 2,00$) bila relativno velika s obzirom na vrijednost ostalih promatranih svojstava. Smatramo da se to može tumačiti djelovanjem dviju činjenica:

- a) Među 10 ispitivanih sorata, San pastore je bila najranija, a Weique najkasnija sorta. Kako je mjerenje vršeno isti dan za sve sorte, to se istovremeno sorta Weique nalazila u fazi početka nalijevanja zrna, a sorta San pastore pri kraju mliječne zriobe. Vjerojatno je to jedan od razloga vrlo niskog r. w. c.-a u sorte San pastore.
- b) Prema rezultatima Jevtića (1968), sorta San pastore ima slabije razvijen korijenov sistem i nepovoljan odnos podzemnog i nadzemnog dijela biljke. U ovom pokusu utjecaj apsorpcione moći korijena nije proučavan iako je od nesumnjivo velikog značenja.

Dobiveni rezultati približno se podudaraju s rezultatima Miladinovića (1966). On je utvrdio nisku otpornost na sušu u sorata Abbondanza i San pastore, dok je Bezostaja 1, prema njegovim rezultatima ispoljila dobru otpornost prema suši. U našem pokusu sorte Primépi, Gaines, Etoile de Choisy, Lot—1 i Bezostaja 1 ispoljile su bolju sposobnost da izbjegnu dehidraciju. Između tih sorata nisu utvrđene signifikantne razlike za parametar D (r. w. c.₁ — r. w. c.₂).



Graf. 1 — Relativni sadržaj vode (r. w. c.) u vršnom listu pšenice kod dvije različite vremenske situacije
 Relative water content (r. w. c.) in flag leaf of wheat at two different weather situations

Kod planiranja pokusa pretpostavili smo da bi razlika (D) u relativnom sadržaju vode mjenom u dvije vremenske situacije trebala ovisiti o veličini, frekvenciji i ukupnom broju puči na listu. Ako svojstvo D (r. w. c.₁ — r. w. c.₂) označimo kao varijablu »Y«, ovisnu o svojstvima: ukupan broj puči na listu = X₁, frekvenciji puči na mm² = X₂ i dužini porusa puči = X₃, imamo mogućnost za izračunavanje koeficijenata za 25 različitih korelacijskih odnosa između 4 varijable. Međutim, radi preglednosti, u tabelu 2 uneseni su koeficijenti za samo 13 korelativnih odnosa u kojima se svojstvo Y pojavljuje kao zavisna varijabla.

Prvi korak bio je izračunavanje linearne korelacije. Svojstvo Y ispoljilo je visoko opravdano pozitivnu korelaciju ($r = 0,77$) sa svojstvom X₁ (ukupan broj puči na vršnom listu). Tab. 2. Sa svojstvom X₃ (dužina porusa puči) dobivena je pozitivna ali neopravdana korelacija ($r = 0,52$), dok sa svojstvom X₂ (frekvencija puči) nije nađena korelativna veza ($r = 0,02$).

Zatim je uslijedilo izračunavanje parcijalnih korelacija prvog reda. I ovdje je utvrđena visoko opravdana povezanost između svojstava Y i X₁ ako su fiksirane vrijednosti svojstva X₂ ($r_{y/x_1/x_2} = 0,77$) i svojstva X₃ ($r_{y/x_1/x_3} = 0,71$). Opravdana korelacija dobivena je i za odnos Y : X₃ ako je fiksirano svojstvo X₂ ($r_{y/x_3/x_2} = 0,59$). Ostali parcijalni korelacijski koeficijenti prvog reda nisu statistički opravdani.

Nadalje, izračunate su parcijalne korelacije drugoga reda. Statistički opravdana pozitivna korelacija dobivena je samo za odnos Y : X₁, ako su fiksirana svojstva X₂ i X₃ ($r_{y/x_1/x_2/x_3} = 0,68$). Ostale dvije korelacije, iako pozitivne, nisu statistički opravdane.

Multipli korelacijski koeficijent ovisnosti svojstva Y o kombiniranom djelovanju svojstava X₁ X₂ X₃ visoko je statistički opravdan ($R_{y:x_1/x_2/x_3} = 0,81$). Iz toga je vidljivo da je otpuštanje vodene pare iz lista u vrlo jakoj ovisnosti o zajedničkom djelovanju svih triju ispitivanih svojstava.

Ako se pokuša raščlaniti udio svakog ispitivanog svojstva, vidljivo je da na gubitak vode iz lista najjače utječe ukupan broj puči na listu. Veličina porusa puči ima manji utjecaj, a najmanji frekvencija puči.

U ovom radu, u razmatranje su uzeta samo svojstva o kojima ovisi otpuštanje vode iz lista. Međutim, za nivo relativnog sadržaja vode u listu važna je i brzina kojom će se nadoknaditi transpiracijom izgubljena vlaga lista. To će prvenstveno ovisiti o razvijenosti i efikasnosti korijenovog sistema.

Iako su oba mjerenja vršena u uvjetima obilne snabdjevenosti tla vodom, vidimo da je ipak utvrđen pad r. w. c.-a u rasponu 0,70 — 4,25% ovisno o genotipu. Vrlo je vjerojatno da bi sorte, koje su ovom pokusu ispoljile visoku razliku u relativnom sadržaju vode kod dva mjerenja, u slučaju suše prije dostigle točku venuća, zatvorile puči, a time prekinule i fotosintezu. Međutim, treba naglasiti da već relativno mali vodeni deficit, kakav je u ovom pokusu postigla linija Ramifera aristatum 86/68, može imati nepovoljno djelovanje na niz fizioloških procesa.

Tabela 2 Linearni, parcijalni i multipli korelacijski koeficijenti za odnose svojstva Y (razlika r. w. c.₁ — r. w. c.₂): X₁ (ukupan broj puči na vršnom listu), X₂ (frekvencija puči) i X₃ (dužina porusa puči)
Simple, partial and multiple correlation coefficient for characters Y (difference r. w. c.₁ — r. w. c.₂): X₁ (total number of flag leaf stomata), X₂ (frequency of stomata) and X₃ (size of stomatal pore)

Linearni korelacijski koeficijenti (r)	Y : X ₁	Y : X ₂	Y : X ₃
Simple correlation coefficients (r)	0,77**	0,02	0,52
Parcijalni korelacijski koeficijenti (r)	Y : X ₁ (X ₂)	Y : X ₂ (X ₁)	Y : X ₃ (X ₁)
Partial correlation (r)	0,77**	0,06	0,33
— " — drugog reda	Y : X ₁ (X ₃)	Y : X ₂ (X ₃)	Y : X ₃ (X ₂)
— " — second order	0,71**	0,34	0,59*
— " — drugog reda	Y : X ₁ (X ₂ X ₃)	Y : X ₂ (X ₁ X ₃)	Y : X ₃ (X ₁ X ₂)
— " — second order	0,68*	0,23	0,39
Multipli korelacijski koeficijent (R)	Y : X ₁ X ₂ X ₃		
Multiple correlation Coefficient (R)	0,81**		

ZAKLJUČAK

Na osnovu jednogodišnjeg ispitivanja 10 genotipova ozime pšenice u poljskim uvjetima, mogu se donijeti slijedeći zaključci:

- 1) Ispitivane sorte se signifikantno razlikuju u svojstvima: ukupan broj puči na vršnom listu (124 000 — 487 000), frekvenciji puči na mm² (47,00 — 60,17) i dužini porusa puči (30,6 — 41,8 μ m).
- 2) Kod istih sorata utvrđene su opravdane razlike između relativnog sadržaja vode u vršnom listu (r. w. c.) mjenjenog u dvije različite vremenske situacije (D = 0,70 — 4,25 %).
- 3) Najveći pad r. w. c.-a javio se kod linije granate pšenice Ramifera aristatum 86/68 (4,25%), što ukazuje na njenu slabiju sposobnost da u uvjetima vodenog stresa izbjegne dehidraciju. Navedena linija imala je najveći ukupan broj puči na vršnom listu (487 000) i vrlo dugačke poruse puči (39,8 μ m). Manji pad r. w. c.-a, znači, bolju sposobnost izbjegavanja dehidracije, ispoljile su sorte Bezostaja 1, Lot—1, Etoile de Choisy, Gaines i Primépi.
- 4) Na osnovu izračunatih korelativnih odnosa vidljivo je, da sposobnost biljke da izbjegne dehidraciju ovisi o sva tri ispitivana faktora: ukupnom broju puči na listu (X₁), frekvenciji puči na mm² (X₂) i dužini porusa puči (X₃). Za te odnose dobiven je visoko opravdan korelacijski koeficijent $R_{y : x_1 x_2 x_3} = 0,81$.

- 5) Prema linearnim i parcijalnim korelacijskim koeficijentima možemo zaključiti o intenzitetu djelovanja ispitivanih sovjstava na sposobnost biljke da izbjegne dehidraciju. Najjači utjecaj ima svojstvo ukupan broj puči na listu ($r = 0,77$, parcijalni korelacijski koeficijenti: $r_{y : x_1 / x_2} = 0,71$, $r_{y : x_1 / x_2 x_3} = 0,68$). Slabiji utjecaj ima svojstvo dužina porusa puči, za koje je dobiven samo jedan opravdani parcijalni korelacijski koeficijent ($r_{y : x_3 / x_2} = 0,59$). Najslabiji utjecaj ima frekvencija puči, svojstvo za koje nije dobiven ni jedan statistički opravdan korelacijski koeficijent.

THE RELATIONSHIP BETWEEN RELATIVE WATER CONTENT (r. w. c.) AND NUMBER AND SIZE OF FLAG LEAF STOMATA IN WHEAT — *T. AESTIVUM* SSP VULGAR.

by

Marijan Jošt and Milica Glatki-Još
Institute for Breeding and Production of Field Crops
of the Agricultural Faculty, University of Zagreb

S U M M A R Y

Relative water content (r. w. c.) is an index of dehydration avoidance. If the r. w. c. of one plant remains essentially constant during a drought and that of the second plant rises markedly, this usually reveals a greater drought avoidance in the former (Levitt 1972.) Notwithstanding an abundant supply of soil with moisture, daily wather deficit might occur in plant, associated with low relative humidity of air, great solar radiation, and wind. Due to intensive transpiration, quantity of wather disimissed from plant in such a case would surpass the water quantity absorbed from the soil (Aston 1970). Thus, speed of giving off water vapour to atmospher will depend upon leaf anatomy, and speed of compensating water loss will be dependent upon root absorbing capacity.

In the present work varietal differences are considered — in the r. w. c. of wheat flag leaf and in some characters of leaf anatomy (total number of leaf stomata, frequency of stomata, and size of stomatal pore) — as well as the relationship between the r. w. c. and the characters of leaf anatomy studied.

At field conditions, near Zagreb, one year experiment was conducted, using 10 genotypes of winter wheat, divergent for characters of leaf anatomy, and selected on the basis of previous studies (Jošt et al. 1972).

The r. w. c. of flag leaf was determined at two different weather situations and results are diagrammed in Fig. 1. Difference (D) in the r. w. c. varied from 0,70 — 4,25%, depending on variety (Tab. 1). The greatest difference was displayed by the branched wheat line *Ramifere aristatum* 86/68 and it follows that this line has the smallest ability for avoiding dehydration. Characteristics of leaf anatomy (total number of flag leaf stomata, frequency of stomata, and size of stomatal pore) for the varieties tested are presented in Tab. 1. It can be seen that the line of branched wheat mentioned, exceeded others in the total number of leaf stomata, and large size of its stomatal pores is recorded, too.

From the correlations calculated (Table 2) it is evident that plant ability for avoiding dehydration is affected by all the three characters of leaf anatomy studied (multiple correlation coefficient $R = 0,81$), i. e. by the total number of leaf stomata in the first place, then by pore size, while stomatal frequency has the smallest effect on dehydration avoidance (linear and partial correlation coefficients).

LITERATURA

- ALAM K. and YUSUF M.: Stomata in relation to drought resistance of wheat varieties — *Pl. Breed. Abstr.* 41, 1971:869
- ASTON J. M.: Changes in internal water status and the gas exchange of leaves in response to ambient evaporative demand — *Symp. on Plant Resp. to Clim. Fact.* — Uppsala 1970.
- HESKETH J. D. and BAKER D. N.: The relationship between leaf anatomy and photosynthetic CO_2 assimilation among and within species — (in *Predication and measurement of photosynthetic productivity*, PUDOC 1970, Wageningen (p. 317—322)
- JEVTIĆ S.: Proučavanje morfo-fizioloških osobina korenovog sistema kod nekih visokorodnih sorti pšenice — *Savremena poljoprivreda* XVI, (7—8):557—567, 1968.
- JOŠT M., GLATKI—JOŠT M. i MILOHNIĆ J.: Utjecaj površine vršnog lista, broja i veličine puči na neke komponente rodности pšenice — *Savremena poljoprivreda* XX (10):5—18, 1872.
- KOLKUNOW W.: Einige Ergebnisse der Untersuchungen über Dürrewiderstandsfähigkeit bei Kulturpflanzen — *Zeitschrift für Pflanzenzuchtung*, Bd. 10 (4):297—310, 1925.
- KREEB K. and ABDDELALL R.: Water relations, measured as electrical resistance of leaves, and the correlation to growth and production — *Symp. on Plant Resp. to Clim. Fact.* — Uppsala 1970.
- KVET J. and MARSHALL J. K.: Assessment of leaf area and other assimilating plant surfaces (in *Plant photosynthetic production — Manual of methods*, ed. Z. Šestak, J. Čatsky and P. G. Jarvis) — Dr. W. Junk N. V. Publishers The Hague 1971. (p. 517—546)

- LEVITT J.: Responses of plants to environmental stresses — Academic Press, New York and London 1972.
- LITTLE M. T.: Correlation and regression (in Experimental methods for extension workers) — University of California 1966.
- MEIDNER H. and MANSFIELM T. A.: Physiology of stomata — Mc Graw-Hill, London 1968.
- MILADINOVIC N.: Resistance to soil drought in some wheat varieties in different phases of development — 5th Yugoslav Symp. on Research in Wheat, Novi Sad 1966.
- SLATYER R. O.: Effects of short periods of water stress on leaf photosynthesis — Symp. on Plant Resp. to Clim. Fact., Uppsala 1970.